

O Sistema Regional de Inovação Mínero-Metalúrgico de Minas Gerais e Seus Efeitos Sobre a Siderurgia Local

Ulisses Pereira dos Santos^{*}
Clélio Campolina Diniz^{**}

Resumo: Este trabalho aborda a constituição histórica de um sistema regional de inovação particular, voltado à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico nas áreas relacionadas à mínero-metalurgia, em Minas Gerais. Objetiva-se demonstrar como o desenvolvimento das instituições que o sustentam criou um ambiente propício à troca de informações entre os centros de ensino e pesquisa e o setor privado fomentando os processos inovativos. Observando os efeitos deste ambiente institucional sobre a siderurgia local, verifica-se que existe uma dinâmica de cooperação, sobretudo, entre a universidade e as empresas, solidificada na qualificação de profissionais e na solução de demandas tecnológicas do setor privado.

Palavras Chave: Sistema Regional de Inovação, Siderurgia, Minas Gerais.

Abstract: This paper is about the historical construction of a regional innovation system dedicated to the technological development in areas related to mining and metallurgy, in Minas Gerais. It aims to demonstrate that there are an environment conducive to the exchange of information between educational and research institutions and the private sector in the promoting of innovative processes. This environment is based in the institutions that support this innovation system. Observing the effects of this institutional environment on the local steel industry, it appears that there is a process of cooperation, especially between the university system and firms.

Key Words: Regional Innovation Systems, Steel Industry, Minas Gerais

ÁREA TEMÁTICA: ECONOMIA MINEIRA

^{*} Mestre em Economia pelo CEDEPLAR-UFMG e Professor do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas dos CEFET-MG.

^{**} Professor do CEDEPLAR-UFMG

1 Introdução

A capacidade de inovar tem sido reconhecida como o motor da competitividade internacional frente ao novo paradigma que ascende, o da economia do conhecimento (DINIZ; GONÇALVES, 2005). Logo, a promoção e estruturação de facilitadores do desenvolvimento tecnológico tem se colocado como uma estratégia para a busca do desenvolvimento regional. Esse processo culmina com a constituição dos Sistemas Regionais de Inovação (COOKE, 1998), pautados num conjunto de instituições científicas e tecnológicas e na partilha de um mesmo ambiente regional.

Nesse sentido, apresenta-se a constituição histórica de um sistema regional de inovação particular erradicado em Minas Gerais e direcionado para a minero-metalurgia. São apresentados e discutidos alguns dos efeitos desse sistema de inovação sobre o setor siderúrgico mineiro, enquanto parte integrante da cadeia minero-metalúrgica do Estado. Objetiva-se demonstrar como a construção histórica das relações de cooperação entre as instituições que o compõe e o setor produtivo foi capaz de gerar resultados importantes no que tange ao desenvolvimento tecnológico da siderurgia em Minas Gerais. O desenvolvimento deste sistema regional/setorial de inovação pode ser considerado um exemplo e motivação para as tentativas de se consolidar o sistema nacional de inovação, dado que no caso de Minas Gerais é possível perceber alguns dos aspectos primordiais para o bom desenvolvimento deste conjunto de instituições e empresas.

O artigo está organizado em 4 seções, além desta introdução. A segunda seção trata dos desenvolvimentos teóricos sobre os Sistemas Regionais de Inovação e a idéia de aprendizado regional, como estratégias para o desenvolvimento regional. A terceira seção apresenta o processo de constituição histórica do sistema de inovação minero-metalúrgico que foi formado em Minas Gerais ao longo dos anos. A quarta seção aborda o parque siderúrgico do Estado, levando em consideração as principais empresas e seu papel histórico no desenvolvimento desta atividade produtiva em território mineiro. A quinta seção apresenta alguns dos resultados da interação entre as instituições que compõem este sistema regional/setorial de inovação e as empresas do setor siderúrgico mineiro. A sexta, e última, seção apresenta as considerações finais.

2 Os sistemas regionais de inovação e o aprendizado regional

Os desenvolvimentos teóricos acerca dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) já estão consolidados em meio à ciência econômica, especialmente nos estudos acerca do desenvolvimento econômico (FREEMAN, 1995; LUNDVALL, 1995). Basicamente, o conceito de SNI's afirma a existência de certa correlação entre a ascensão dos processos inovativos e a vigência de relações cooperativas entre as firmas e instituições voltadas para a busca e difusão de conhecimentos técnicos e científicos, como universidades, centros de treinamento profissional e centros de pesquisa e desenvolvimento. Os fluxos de informações que se estabelecem entre estes agentes possibilitam que o conhecimento técnico-científico se associe ao conhecimento produtivo, muitas vezes tácito, marcado por habilidades que se estabelecem por meio da rotina de produção dentro dos muros da própria fábrica, fazendo com que a inovação se efetive. Entretanto, tais teorias foram desenvolvidas levando-se em consideração a escala nacional na constituição do aparato institucional relacionado à inovação tecnológica.

Como forma de preencher tal lacuna, a partir da década de 1990, ascendeu o conceito de “Sistemas Regionais de Inovação” (SRI), que viria a ser uma decorrência da busca de novas estratégias para o desenvolvimento regional (COOKE, 1998). Trata-se de uma ponte entre a teoria sobre os sistemas de inovação e a economia regional. Sendo que este conceito dá vital importância a fatores mais comuns às escalas regional e local, ressaltando o papel dos aspectos sociais, políticos e geográficos para a execução da atividade inovativa (OINAS; MALECKI, 1999). Ganhava espaço, assim, a

preocupação pelo entendimento dos reflexos de fatores locais sobre as firmas e os demais agentes na promoção da inovação tecnológica.

Na escala regional a proximidade física e a partilha de uma realidade social comum entre os agentes promovem situações que estimulam e dão suporte à atividade inovativa. Portanto, o entendimento dos Sistemas Regionais de Inovação leva em conta aspectos sociais e culturais inerentes a um ambiente local e seus reflexos sobre os agentes que se vinculam de variadas formas ao processo inovativo. Assim, essa nova teoria regional assume a importância do *milieu* sociocultural baseado na região onde se formam relações entre os elementos presentes neste sistema (COOKE, 1998). Nesse sentido, haveria todo um contexto ligado à imersão social da firma e dos agentes na partilha de um mesmo contexto local, social e econômico, a qual possibilitaria seu sucesso econômico e inovativo a partir do estabelecimento de pontes para a transmissão do conhecimento entre os agentes (GRANOVETER, 1985).

Essa imersão se daria por um processo histórico de construção de relações entre os agentes e a realidade local pautada numa contínua geração de influências tanto do meio em direção ao agente quanto do agente em direção ao meio. Esse conceito de imersão é mais próximo à idéia de identificação social e regional dos agentes sendo entendido como mais apropriado para a idéia de sistema de inovação que os conceitos de *network* ou de parcerias comerciais, por envolver determinadas interdependências não transacionais entre os agentes (COOKE, 2001). Portanto, num processo incerto e muitas vezes custoso como o de introdução de uma inovação no mercado a imersão dos agentes num determinado meio estimularia a atividade reduzindo, assim, seus custos dado que facilitaria um processo de contínua troca de informações e em certas etapas facilitaria processos de difusão de conhecimento tácito assim como de conhecimento técnico e científico.

O setor produtivo se caracteriza pela sua organização em aglomerações produtivas que definem o caráter regional de uma determinada atividade econômica. Uma aglomeração se forma devido a fatores históricos, naturais ou políticos que geram vantagens para as firmas. Em muitos casos uma determinada aglomeração produtiva possibilita a formação de uma especialização econômica para a região onde esta se localiza. Nesse sentido, as interações verticais e horizontais vigentes nestas aglomerações teriam um importante papel para o seu potencial inovativo (MYTELKA; FARINELLI, 2003). Deste modo, considera-se as aglomerações como facilitadores da inovação justamente devido à sua capacidade de promover a cooperação entre os agentes nela localizados, que se origina a partir da proximidade territorial (ASHEIM, 1995).

Mesmo estando banhada pelos benefícios da aglomeração, a esfera produtiva não deteria condições de sozinha sustentar os processos inovativos. Deste modo, o setor produtivo deve contar com a atuação de seu ambiente externo, ou seja, com as instituições, localizadas em suas proximidades, que teriam condições de apoiar suas atividades inovativas (OINAS; MALECKI, 1999).

Ademais, a presença de uma aglomeração que resulte na formação de uma especialização econômica regional atuaria fazendo com que o ambiente externo às firmas também se alinhasse a esta especialização. Ou seja, as instituições de ensino e pesquisa de uma dada região seguiriam o sentido da especialização da indústria ali estabelecida para seus desenvolvimentos. Tanto a qualificação profissional quanto as atividades científicas de uma região tendem a atuarem orientadas pela atividade econômica de seu ambiente. A aglomeração se colocaria, então, não somente como uma estratégia para a captação dos benefícios da proximidade física em relação às outras empresas como também para a captação dos benefícios da proximidade de um determinado arranjo institucional, envolvendo, sobretudo, instituições responsáveis pela produção de conhecimento que se alinhariam também à realidade econômica local.

Assim, coloca-se como um quesito fundamental para a evolução econômica das regiões, frente à competição via inovações, a transformação das aglomerações produtivas espaciais em sistemas regionais de inovação. Para isso faz-se necessário um esforço consciente de ampliação das interconexões entre os fluxos de conhecimento produtivo internos à aglomeração e os novos conhecimentos técnico-científicos internacionalmente gerados de modo a fomentar a produção inovativa local (OINAS; MALECKI, 1999; MYTELKA; FARINELLI, 2003). O sucesso deste processo estaria relacionado ao grau de imersão local dos agentes responsáveis pela atividade inovativa.

Nesse sentido, tal qual o SNI, um sistema regional de inovação, por estar inserido no paradigma da economia do aprendizado, demanda instituições formais e informais que sustentem processos de criação e captação de conhecimento (COOKE, 1998). Em meio a isso Florida (1995) afirma que no novo contexto global as regiões se tornam o lugar da criação do conhecimento, ao mesmo tempo em que este é cada vez mais fundamental para sua sobrevivência econômica no cenário internacional e, por isso, aponta a importância da criação de uma estrutura de aprendizado por parte das regiões. Este cenário, que pode ser chamado economia do conhecimento e pelo o qual a competição passa a ser definida pela capacidade interna de geração e captação de conhecimento e sua aplicação aos processos produtivos (DINIZ; GONÇALVES, 2005), define um novo conjunto de estratégias para o desenvolvimento regional. Estas estratégias são baseadas em grande parte na criação de um aparato institucional e infra-estrutural capaz de assegurar a materialização da atividade inovativa.

Sendo a inovação fruto do aprendizado como processo social, o desenvolvimento regional passa, então, pelo esforço de criação de uma estrutura tal que possibilite a estas regiões se tornarem ‘regiões de aprendizado’ (FLORIDA, 1995; ASHEIM, 1995). Uma região de aprendizado, além da infra-estrutura física visando à promoção do fluxo de conhecimento, de idéias e de aprendizado, deve incorporar o que Florida (1995, p.532) chama por “infra-estrutura humana”, sendo esta formada de acordo com as estratégias regionais de desenvolvimento. Esse conceito diz respeito à existência de uma força de trabalho local qualificada e alinhada aos avanços da fronteira internacional de conhecimento técnico-científico. Ou seja, esta infra-estrutura humana deve ser capaz de aplicar suas capacidades adquiridas ao processo produtivo fomentando o grau de competitividade da região. Esta atuação deve-se dar de acordo com a função fundamental dos sistemas regionais de inovação que consiste em adequar os conhecimentos globalmente gerados a uma determinada realidade produtiva. Nesse contexto, as universidades apresentam um papel fundamental ao estarem entre os principais fornecedores de informações técnico-científicas para as firmas inovadoras (COOKE, 1998).

3 O Sistema Regional de Inovação Mínero-Metalúrgico de Minas Gerais

3.1 O Pioneirismo da Escola de Minas de Ouro Preto

A Escola de Minas de Ouro Preto constitui o primeiro capítulo da história do arranjo institucional voltado à pesquisa e ao ensino, associados, em Minas Gerais. Trata-se de uma iniciativa do Imperador D. Pedro II, após uma viagem à Europa, na qual teve contato com estudiosos da mineralogia. Após a viagem o Imperador ficou convencido da necessidade de se implantar no Brasil uma escola de minas, com o objetivo de melhor explorar as riquezas naturais disponíveis no território nacional. Para isso contratou pesquisador francês Claude Henri Gorceix que se empenharia em criar e organizar tal instituição de ensino.

Em 1875, Gorceix apresentou um relatório indicando o local a ser instalada e o formato que adotaria a escola de minas a ser implantada no país. Para o francês esta deveria se localizar numa região na qual os alunos tivessem contato direto com a prática. Por isso, foi escolhida a cidade de

Ouro Preto, em meio a um ambiente cercado por atividades relativas à mineração e à siderurgia, mesmo que ainda pouco desenvolvidas.

Fatores como a obrigatoriedade da dedicação integral de professores e alunos, a concessão de bolsas aos alunos carentes e a introdução de um exame de admissão, além da determinação de remuneração acima da média nacional aos docentes, foram as principais inovações introduzidas pela escola que se criava em Minas Gerais. A escola ainda seria caracterizada pela valorização da prática e das viagens de estudos para complementar a formação de seus quadros discentes. Para a execução de seu audacioso projeto Gorceix, que se tornou o primeiro diretor da recém criada escola, necessitou contratar professores estrangeiros, dado a inexistência no Brasil, segundo ele, de profissionais aptos a lecionar determinadas cadeiras que compuseram o currículo do curso de engenharia de minas daquela escola. Dentre os cinco professores que compuseram os quadros da escola entre sua fundação e a década de 1880 dois, além de Gorceix, tinham origem francesa. Em 1876 foram iniciadas as aulas na instituição batizada como Escola de Minas, inaugurando uma tradição em Minas Gerais para a pesquisa e formação profissional nesta área e em áreas correlatas, como a metalurgia (CARVALHO, 2002).

É importante ter em mente que desde a origem da Escola de Minas as atividades de pesquisa foram privilegiadas pelo método de ensino proposto por Gorceix. A Escola objetivou, portanto, formar engenheiros aptos à elaboração e ao desenvolvimento de estudos dos mais avançados nos campos da mineralogia e da geologia para a época (ESCOLA DE MINAS, 1931). Esta ambição apresentou resultados rapidamente com a publicação de dois trabalhos resultantes das excursões de estudos dos alunos já da primeira turma da Escola de Minas nos *Anais* do Museu Nacional (CARVALHO, 2002).

Verificou-se também uma intensa participação da Escola em exposições geológicas e mineralógicas no exterior. Os representantes da Escola de Minas apresentavam nestas exposições amostras de minerais providas de Minas Gerais, sendo estas previamente estudadas e identificadas pelos professores de Ouro Preto (ESCOLA DE MINAS, 1931). Neste sentido, a Escola desde suas fases mais incipientes buscou se inserir nos meios pelos quais se difundiam os novos conhecimentos em suas áreas de atuação, como nestas exposições que ocorreram por diversas localidades mundo afora. Isso demonstrou a preocupação da Escola de Minas de Ouro Preto não somente em utilizar métodos avançados de ensino como também em se manter próxima aos desenvolvimentos científicos internacionais levando também suas contribuições para estas exposições.

Ainda no campo do estímulo à atividade científica, para dar vazão aos conhecimentos gerados por seus alunos, ex-alunos e professores, em 1885 começaram a ser publicados os *Anais* da Escola de Minas. Nestes estão registrados estudos elaborados por importantes figuras que passaram pela instituição de Ouro Preto (CARVALHO, 2002; ESCOLA DE MINAS, 1931). Os *Anais* da Escola de Minas vieram a constituir juntamente aos *Anais* do Museu Nacional os veículos de difusão do conhecimento técnico e científico brasileiro em fins do século XIX.

Toda essa ênfase dada à pesquisa e aos mecanismos de estímulo a esta atividade resultou na formação de vários pesquisadores, dentre os alunos da Escola. No período entre 1876 e 1930 tem-se que a quase totalidade da produção científica em mineralogia e geologia executada por brasileiros foi devida aos pesquisadores oriundos da Escola de Minas de Ouro Preto. Estes pesquisadores formados em Ouro Preto são reconhecidos por formarem o núcleo central de uma primeira geração de pesquisadores brasileiros nestes campos do conhecimento (CARVALHO, 2002).

A participação da Escola ainda foi marcante no auxílio às pequenas usinas siderúrgicas que se situavam em Minas, atuando também os professores desta instituição na elaboração de alguns projetos industriais que foram implantados no estado, naquele período. Essa atuação pode ser

exemplificada no auxílio prestado pela Escola a iniciativas como na construção dos altos-fornos da Usina Wigg, inaugurada em 1893, da Companhia Siderúrgica Mineira, em 1917, e da usina denominada Gorceix, em 1925, dentre outras.

Logo, o desenvolvimento da siderurgia em Minas Gerais contou com a presença dos engenheiros formados em Ouro Preto. Evidências desta afirmação são encontradas na participação efetiva de engenheiros da Escola de Minas em todo o processo que desencadeou a criação da USIMINAS, que após sua constituição apresentou laços estreitos com a Escola, tanto a partir da contratação de ex-alunos, sendo que muitos ocuparam cargos diretivos, quanto com a contratação de pesquisas junto a esta instituição (CARVALHO, 2002). O mesmo ocorreu com a AÇOMINAS, segunda grande siderúrgica a coque mineral de origem estatal instalada em Minas Gerais, que já na sua fase de implantação associou-se, à então UFOP, no estabelecimento de convênios de cooperação e que tem sua localização nas proximidades da cidade de Ouro Preto (SOUZA, 1985).

Portanto, um dos principais legados da Escola de Minas foi o estabelecimento de uma cultura de proximidade entre as empresas e a instituição de ensino. Como um dos reflexos desta cultura, verificou-se posteriormente a criação de fortes laços entre a Escola de Engenharia da UFMG, herdeira da tradição de Ouro Preto, e o setor produtivo do estado, em especial com as siderúrgicas, como será tratado adiante. Tudo isso proporcionou a presença de um dos fatores fundamentais para um sistema de inovação em Minas Gerais, a criação de vínculos entre instituições de ensino e pesquisa e o setor produtivo.

Os formados pela Escola de Minas tiveram, também, presença marcante em praticamente todas as instituições de ensino de engenharias do estado, assim como na própria Escola de Ouro Preto. Muitos dos alunos da Escola se tornaram professores da mesma, inclusive substituindo o primeiro quadro de professores formado por Gorceix. Os ex-alunos também participaram da criação das escolas de engenharia de Belo Horizonte, Juiz de Fora, Itajubá e de Viçosa, localidades estas que em dias atuais constituem os pilares do ensino superior e da pesquisa em Minas Gerais. Estas escolas hoje são parte das principais universidades do estado, assim como a Escola de Minas que foi, juntamente à Faculdade de Farmácia da antiga capital do estado, uma das sementes da Universidade Federal de Ouro Preto, criada em 1969 (CARVALHO, 2002).

Tudo isso vem a demonstrar que a Escola de Minas teve um peso importante para a constituição do sistema de inovação de Minas Gerais voltado para a mineração, siderurgia e metalurgia, em geral. Dado que, formou engenheiros aptos a atuarem em atividades de pesquisa, no setor público, no ensino ou na iniciativa privada e também como empreendedores, participou na expansão do ensino superior pelo estado e na ascensão das universidades, e se manteve associada ao setor produtivo, seja na siderurgia ou na mineração. A Escola, por todas estas atividades encampadas, foi responsável ainda pela inauguração de uma cultura de pesquisa nos ramos da mineralogia, geologia e metalurgia não só em Minas Gerais, mas também no Brasil.

3.2 As Engenharias de Minas e Metalúrgica na UFMG e suas relações com o setor produtivo

Em 1911 foi criada a Escola de Engenharia de Belo Horizonte, sob forte influência da Escola de Ouro Preto, objetivando ofertar os cursos de agronomia, eletro-técnica, engenharia industrial e de condutores de obras, dando prioridade ao curso de engenharia civil. Na Escola foram criados, ainda, cursos profissionais, que seriam equivalentes aos cursos técnicos de dias atuais. Deste modo, em 1917 foram criados os cursos de Mecânicos-Eletricistas e Aprendizes de Ofícios, em 1921 o curso de Química Industrial. Estes cursos foram criados com o intuito de qualificar profissionais para atuarem como intermediários entre os engenheiros e os operários (MOURÃO, 1975).

Em 1927 foi criada a Universidade de Minas Gerais, pelo governo estadual, por meio da união das faculdades de Medicina, Direito, Odontologia e da Escola de Engenharia. Como integrante da universidade a Escola entraria em uma nova fase e se expandiria com a criação de novos cursos, entre eles o curso de Engenharia Industrial Metalúrgica que foi criado em 1945, sua divisão em institutos, posteriormente departamentos, e a contratação de docentes. O curso de Engenharia Metalúrgica foi criado em meio ao crescente interesse nacional na expansão da siderurgia, materializado com a criação da CSN e a pretensão de criação de novas grandes usinas no país. Em 1956 foi criado o curso de Engenharia de Minas e Metalurgia, em substituição à Engenharia Industrial Metalúrgica, e finalmente em 1965 o curso desdobra-se nas formações em Engenharia de Minas e Engenharia Metalúrgica.

Em 1968 um grupo de professores apresentaria um documento sugerindo alterações no escopo do curso de graduação em engenharia metalúrgica oferecido pela Escola de Engenharia. Dentre outros pontos, o documento apresentava uma perspectiva acerca do papel de uma escola de engenharia em meio a uma economia subdesenvolvida, no que tange à capacitação e à internalização de tecnologias em busca da superação desta condição (VEADO et al., 1968)¹. Contudo, a proposta de alteração do curso não seria aceita naquele momento, sendo que muitas daquelas sugestões foram incorporadas por todo o sistema universitário brasileiro posteriormente.

Em 1971 foi criado o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (CPGEM), o qual, nascendo quase cem anos após a introdução primeira escola voltada ao estudo dos minerais e da metalurgia, resgataria alguns dos seus objetivos vindo a figurar entre os principais cursos de pós-graduação da universidade e do país. Essa pós-graduação surgiu num contexto no qual o parque siderúrgico de Minas já se encontrava num grau avançado de maturidade e estruturação.

O curso que se iniciava contava dentre os seus fundadores com professores que regressavam de seus cursos de doutorado de universidades estrangeiras. Estes objetivaram desde o início criar um curso que apresentasse alguma relevância para o desenvolvimento econômico regional e nacional. Para isso buscou-se uma aproximação junto ao setor produtivo com vistas a aliar o conhecimento teórico às demandas da prática produtiva. Trata-se de um período marcado por uma mudança na pauta brasileira de importações, induzida pela tentativa de expansão da indústria interna, buscando a absorção de tecnologia externa, que nem sempre era totalmente aplicável ao padrão industrial nacional. Dentre os problemas relacionados a esse processo menciona-se a ausência, àquela época, de capacitação interna para seu uso e sua difícil adaptação à estrutura industrial brasileira. Frente a isso os profissionais do CPGEM buscaram estabelecer laços com a indústria siderúrgica de Minas Gerais, da qual tinham profundo conhecimento por partilharem uma mesma vivência local, de modo a tentar amenizar os problemas que se estabeleciam neste setor (PAULA E SILVA, 2007).

Este esforço iniciado pela universidade gerou resultados tangíveis a partir do interesse da ACESITA, que se abriu para a parceria com os professores do CPGEM. Os professores do programa começaram, então, a ministrar cursos de curta duração para os técnicos daquela empresa visando a adequá-los às novas tecnologias por ela adquiridas. Esta iniciativa gerou interesse por parte de outras siderúrgicas desembocando na criação de um programa de Cursos de Extensão Tecnológica, os quais passaram a se destinar a interessados de todo o país. Este curso logo

¹ VEADO, J.; CAMPOS, V.; PAULA E SILVA, E.; LÚCIO, A.; COUTINHO, C.; MARRI, A. Considerações Preliminares para uma Reformulação do Curso de Engenharia Metalúrgica. Belo Horizonte, 1968. 25 p. Mimeografado

transcendeu as fronteiras da siderurgia mineira passando a ter uma abrangência nacional chegando a ser administrado através da Associação Brasileira de Metalurgia (ABM), que estabelecia a ponte entre as usinas espalhadas por todo o país e os professores e pesquisadores.

Estes desenvolvimentos convergiram para a criação de programas cooperativos de pós-graduação *stricto sensu* entre a universidade e as empresas. Esta associação teve início também em parceria com a ACESITA, em 1975. Os trabalhos de dissertação seriam realizados na universidade e na usina abarcando temas de interesse comum entre as partes. Tal qual os cursos de extensão, a nova pós-graduação que se criara no CPGEM apresentou desdobramentos rápidos a partir de um crescente interesse das empresas em qualificarem técnica e cientificamente seus quadros. Em seguida, participaram também do programa outras grandes usinas como a USIMINAS e a Belgo-Mineira, chegando esta iniciativa a contar com a participação de siderúrgicas de outras unidades da federação, como a CSN, a COSIPA e a Gerdau. Esse programa iniciado com o curso de mestrado foi ampliado, em 1983, com a criação do doutorado, nos mesmos moldes de cooperação com as empresas, a partir de uma demanda do setor produtivo.

Com o decorrer dos anos e a consolidação do programa, verificou-se uma fortificação das relações estabelecidas entre a universidade e as empresas, dado a criação de vínculos entre os profissionais que a estas eram filiados e a instituição onde haviam se qualificado, o que atuou possibilitando o estabelecimento de novos estágios de cooperação entre estas partes deste sistema de inovação específico presente em Minas Gerais. Este processo deu origem ao estabelecimento de pontes entre a universidade e estas empresas do ramo siderúrgico de Minas Gerais acirrando os fluxos de informação que se estabeleceram (PAULA E SILVA, 2007).

Além disso, a convivência num mesmo ambiente acadêmico entre profissionais de diferentes empresas, porém de um mesmo ramo, atuou na criação de uma rede de relacionamento também entre as diversas empresas, pautada nos diálogos e na confiança estabelecida entre os profissionais que se formavam simultaneamente pelo CPGEM. Tudo isto veio a sustentar a possibilidade de estruturação de um *networking* entre estes profissionais e numa esfera maior entre as empresas a que estes se filiavam, dando margem à existência da cooperação inter-firmas, característica que é um diferencial fundamental para a evolução de um dado sistema de inovação. Neste sentido, a criação de pontes de relacionamentos seria um dos resultados indiretos do processo de qualificação profissional iniciado pelo CPGEM (PAULA E SILVA, 2007).

Dentre os resultados diretos deste programa de pós-graduação, além da qualificação profissional deve-se mencionar os resultados das pesquisas que originaram as dissertações e teses. Muitas das pesquisas elaboradas pelos alunos da pós-graduação cooperativa deram origem a novos produtos ou possibilitaram a superação de entraves por parte das usinas instaladas em Minas Gerais, decorrendo não somente em avanços científicos bem como em avanços tecnológicos encampados pelas diversas empresas que se aliaram ao CPGEM. Estas em alguns casos buscaram se equipar incorporando equipamentos de tecnologias sofisticadas e de uso restrito muitas vezes apenas aos laboratórios científicos, sendo isso um reflexo da presença de técnicos com alta qualificação em seus quadros, possibilitando a estas usinas a condução interna de P&D.

Pelo lado da universidade, os desenvolvimentos científicos possibilitados pelos trabalhos no CPGEM deram origem a uma série de trabalhos acadêmicos, que em alguns casos chegaram a ser publicados em periódicos de circulação internacional, além da experiência de aliar a teoria e a pesquisa científica aos problemas vivenciados pelo setor produtivo na prática. O curso de pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e Materiais da UFMG é hoje um dos principais programas de pós-graduação da universidade tendo sido avaliado nos últimos anos entre os programas que apresentam qualidade compatível aos de centros internacionais.

Em dias atuais a siderurgia brasileira tem grande competitividade no mercado internacional apresentando condições de competir, em termos de tecnologia, com os principais fornecedores internacionais de aços e produtos metálicos nas suas diversas formas. Esta posição se deve em parte aos avanços da siderurgia de Minas Gerais que se originaram parceria bem sucedida entre a universidade e as empresas do setor siderúrgico deste estado (PAULA E SILVA, 2007). Assim se verifica que foi criado um sistema de inovação particular, que é fruto de uma construção histórica iniciada ainda com a Escola de Minas de Ouro Preto, e que foi sendo lapidada até culminar com o alto grau de interação entre o setor produtivo e a universidade, com a criação do curso cooperativo do CPGEM, já na década de 1970.

3.3 O CETEC e o desenvolvimento tecnológico em Minas Gerais

A Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) foi criada em 1972 para preencher uma lacuna na formação do aparato institucional desenvolvido no estado de Minas Gerais. O objetivo desta instituição era dar sustento tecnológico a um processo de reestruturação da economia mineira, após ser diagnosticada a condição de atraso na qual se encontrava o estado em fins da década de 1960.

O CETEC contou desde a sua criação com o apoio da UFMG, em especial do Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR). Uma gama de técnicos da universidade, em sua maioria do IPR, atuou na elaboração do projeto de implantação deste centro tecnológico, além disso, grande parte dos pesquisadores que formaram os seus quadros, ao longo dos anos, se formaram nesta universidade. Desde a gênese de seu programa de implantação, o CETEC foi idealizado para atuar no desenvolvimento tecnológico das áreas de vocação econômica de Minas Gerais, bem como em áreas com potencial para se desenvolverem no estado. Assim, logo de início as pesquisas do Centro se destinavam à tecnologia mineral e metalúrgica, à tecnologia de alimentos, à química, à economia industrial e ao *design* industrial.

Dentre estas áreas de desenvolvimento tecnológico as quais o CETEC se dedicou desde sua fundação as áreas de tecnologia mineral e metalúrgica sempre tiveram destaque apresentando em vários momentos projetos de elevada relevância para o meio produtivo e estabelecendo parcerias com as empresas do setor. A atuação do CETEC nestas áreas pode ser considerada uma herança dos desenvolvimentos do Instituto de Tecnologia Industrial (ITI), que foi responsável por grande parte da pesquisa em mineralogia e metalurgia entre as décadas de 1940 e 1960, quando foi incorporado pelo Centro.

Essa tendência do CETEC também pode ser interpretada como uma reafirmação da vocação mineira para a pesquisa científica e tecnológica nos campos da metalurgia e da mineralogia iniciada pela Escola de Minas. Ademais, deve-se ressaltar o peso econômico destas áreas para o estado, o que também se constituiu como determinante para a sua abordagem pelo Centro. Em meio a isso, cabe mencionar que os quadros iniciais de pesquisadores do CETEC foram formados em grande parte por alunos egressos das primeiras turmas da pós-graduação em Engenharia Metalúrgica da UFMG, criada quase que paralelamente ao Centro, reafirmando que desde a origem desta instituição houve uma orientação para este campo de análise.

Na primeira década de trabalhos do CETEC, os projetos relacionados às pesquisas em metalurgia e mineralogia estavam entre os principais no *ranking* dos projetos conduzidos pelos seus pesquisadores em termos de valores financeiros (SÁ, 1984). Deste modo, os projetos relacionados à metalurgia ocuparam no período observado a segunda posição, no referido *ranking*, sendo seguidos pelos projetos em mineralogia na terceira posição. Em termos de quantidade de projetos, no período em questão, o Centro tinha se ocupado no desenvolvimento de 34 relacionados a engenharia de

minas e 15 relacionados a engenharia metalúrgica, estes valores representam 26% e 11,5% respectivamente do total dos projetos conduzidos pelos técnicos do CETEC (SÁ, 1984).

Contudo, outras áreas científicas englobadas pelo programa de pesquisas do CETEC também atuaram subsidiando em termos tecnológicos o complexo mineral-metalúrgico de Minas Gerais, em especial à siderurgia. Desatacam-se os trabalhos elaborados pelos pesquisadores ligados ao departamento de Meio Ambiente sob encomenda das siderúrgicas estabelecidas no estado. Sobretudo, deve-se fazer referência ao interesse das usinas que utilizavam o carvão vegetal em seus alto-fornos em projetos de pesquisa relacionados ao meio ambiente e às práticas de reflorestamento. As áreas de tecnologia química e industrial também apresentaram interfaces com o setor siderúrgico, então caminhando para sua maturidade econômica em Minas.

Por meio da demanda do setor produtivo o CETEC chegou a um dos seus principais desenvolvimentos tecnológicos no seu setor de Metalurgia. Este consiste no projeto do Aço Inoxidável Colorido. O Centro buscou desenvolver uma tecnologia paralela para a produção deste produto siderúrgico já ofertado no mercado internacional. O projeto conduzido pelos pesquisadores do CETEC foi desencadeado ao longo de 7 anos até culminar com a criação de uma nova tecnologia de produção, entre 1996 e 1998, menos poluente que a utilizada pelos produtores internacionais. Este projeto deu origem à primeira fábrica de aço inox colorido da América Latina, a Aços Inoxidáveis Coloridos Ltda (Inoxcolor). Esta empresa, apesar de não ter sido a demandante que estimulou o início das pesquisas sobre a produção de aços inoxidáveis coloridos, firmou contrato com CETEC e produz a partir da tecnologia desenvolvida por este centro pagando royalties sobre o faturamento líquido das vendas deste produto (PEREIRA; LE VEM, 2002). Assim, configura-se, este episódio, como um processo bem sucedido de transferência de tecnologia do centro de pesquisa para o meio produtivo com benefícios para ambas as partes.

O CETEC atuou também realizando parcerias com o setor produtivo com o intuito de otimizar sua produção tecnológica frente às dificuldades impostas a este em sua trajetória ao longo dos anos. Dentre estas, cita-se o estabelecimento de um programa de intercâmbio de profissionais possibilitando a estes executarem atividades no Centro e em empresas, visando a dirimir a perda de pesquisadores para a iniciativa privada. Considerando, ainda, as parcerias deste Centro de pesquisas tecnológicas com o setor produtivo, em especial com a siderurgia, tem-se que em fins da década de 1980 a ACESITA transferiu seu centro de P&D para o campus do CETEC, configurando talvez o ápice dos processos de parceria do Centro com o setor produtivo. Nesta ocasião os pesquisadores do centro de pesquisa da siderúrgica foram transferidos para os laboratórios do CETEC, permanecendo vinculados profissionalmente à ACESITA. Esta siderúrgica que já participara, na década de 1970, da criação da pós-graduação cooperativa entre universidade e empresas do CPGEM-UFMG e já atuara como demandante de estudos pelo Centro, reafirmava, assim, sua inclinação ao estabelecimento de parcerias com vistas a incrementar seu potencial tecnológico. Deste modo, foi possibilitada uma relação de convivência entre os pesquisadores do CETEC e os pesquisadores desta siderúrgica gerando ganhos de interação para os dois lados desta parceria (PEREIRA; LE VEM, 2002).

O CETEC também atuou estabelecendo parcerias institucionais de modo a ampliar o impacto de sua estrutura de pesquisa. O Centro participa desde 1995, em parceria com a UFOP e com a Universidade do Estado de Minas Gerais, da condução da pós-graduação da Rede Temática em Engenharia de Materiais (REDEMAT). A REDEMAT oferece cursos de mestrado e doutorado na área de materiais, tradicionalmente ligada aos estudos de metalurgia, utilizando-se da infra-estrutura de pesquisa das três instituições componentes. Deste modo, os laboratórios do CETEC, especialmente os ligados à área de análise de materiais, da qual as análises de objetos metálicos são parte integrante, são utilizados na promoção do estabelecimento de laços entre os pesquisadores das três instituições, bem como num programa bem estruturado de qualificação do trabalho.

4 A formação do parque siderúrgico de Minas Gerais

4.1 Dos primeiros empreendimentos à Belgo-Mineira

No decorrer do século XIX foram muitas as tentativas de se instalar uma indústria siderúrgica em Minas Gerais. Em 1812 foi criada a Fábrica Patriótica, de Eschwege, em Congonhas. Dois anos mais tarde o Intendente Câmara daria início às operações na Fábrica do Morro do Pilar, na localidade conhecida pelo mesmo nome. Em 1825, Jean de Monlevade iniciava a produção em sua fábrica, localizada em Rio Piracicaba. Estes três empreendimentos podem ser considerados os pilares da gênese da siderurgia mineira. Cabe enfatizar que a Fábrica de Monlevade foi o mais virtuoso dos três, sobrevivendo até o final daquele século. Estas foram as bases sobre as quais se construiu a fase dos altos-fornos na siderurgia mineira, a partir da qual esta caminharia de fato para sua grande expansão. Esta fase foi iniciada com a Usina Esperança, fundada em 1888, e foi marcada pela construção de um bom número de altos-fornos no Estado. Nesta época surgiram importantes empreendimentos siderúrgicos em Minas Gerais, como a Companhia Siderúrgica Mineira (CSM), em Sabará, sendo que boa parte destes contou com o auxílio da Escola de Minas em seus projetos (BAETA, 1973; GOMES, 1983).

A fase dos altos-fornos abriu as portas para chegada a Minas Gerais da grande siderurgia, que ocorrera apenas no século XX, com a instalação da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira, no Estado. Após o acerto político entre o presidente de Minas Arthur Bernardes e o rei Alberto II da Bélgica, em 1921 chegaram a Minas representantes do grupo belga ARBED (*Acieries Reunies de Burbach-Eich-Dudelange*). Estes decidiram investir na siderurgia de Minas Gerais absorvendo e ampliando a estrutura da Companhia Siderúrgica Mineira (CSM). Nascia assim a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (BAER, 1970; GOMES, 1983).

A usina adquirida junto à CSM, em Sabará, foi expandida, se tornando a primeira usina siderúrgica integrada da América Latina, ou seja, a primeira a fabricar laminados de aço a partir do ferro gusa por ela própria fabricado (GOMES, 1983). Em 1934 começaram as obras da nova usina da Belgo-Mineira no município de João Monlevade, sendo que em 1937 o alto-forno desta usina começava a funcionar dando novo impulso à siderurgia mineira. Atualmente as unidades produtivas da Belgo-Mineira instaladas em Minas Gerais têm capacidade produtiva de 2,3 milhões de toneladas de aço por ano (IBS, 2008).

A Belgo-Mineira se deparou logo em sua concepção com o desafio de produzir em larga escala com o uso de carvão vegetal, ao passo que na Europa a siderurgia se desenvolvera com base no uso do coque mineral². A favor da Belgo-Mineira, frente a este desafio, estavam a experiência que os belgas detinham nos grandes empreendimentos siderúrgicos e o conhecimento dos colaboradores mineiros acerca do uso de fornos a carvão vegetal (GOMES, 1983).

Pode-se dizer que o resultado deste processo foi a concepção de uma nova tecnologia produtiva. O desenvolvimento desta tecnologia nacional baseada na produção siderúrgica com carvão vegetal, a partir do esforço da Belgo-Mineira, despertou o interesse externo. Isso motivou a *United Nations Industrial Development Organization* – UNIDO – a solicitar junto à Associação Brasileira de

² A grande siderurgia conta com quatro etapas no processo produtivo. Inicialmente o minério de ferro é preparado e o carvão mineral é transformado em coque para sua introdução no alto-forno, esta primeira etapa é chamada Preparação das Cargas. O carvão vegetal não necessita ser transformado em coque. A etapa seguinte é denominada Redução, pela qual o minério de ferro preparado e o coque, ou o carvão vegetal, são inseridos no alto-forno para que seja produzido o ferro gusa. No Refino, o ferro gusa é transformado em aço por meio de métodos de aciaria. A última fase é a Laminação, na qual o aço é processado, ganhando uma forma final, com a qual é levado ao mercado.

Metais – ABM – a elaboração de um documento relatando a experiência brasileira na siderúrgica com carvão vegetal. Objetivava-se que este documento servisse de incentivo e roteiro para outros países que desejassem incentivar a siderurgia em situação similar à brasileira, tendo participação ativa da Belgo-Mineira em seu desenvolvimento (ABM, 1975; GOMES, 1983).

4.2 A ACESITA e a Mannesmann

Em 1944 o empresário britânico Percival Farquhar, associado aos empreendedores brasileiros, Amintas Jaques de Moraes e Athos de Lemos Rache, dois ex-alunos da Escola de Minas de Ouro Preto, fundou a Aços Especiais de Itabira S.A. (ACESITA). A usina da ACESITA foi construída no município de Timóteo, no Vale do Rio Doce. Os altos gastos na construção da usina e na infraestrutura necessária ao empreendimento levaram a um elevado endividamento fazendo com que o controle da empresa passasse ao Banco do Brasil em 1952, tornando-a, então, ligada ao governo federal.

A primeira corrida de aço da ACESITA ocorreu no ano de 1952, ainda antes da sua transferência para o Banco do Brasil. Esta siderúrgica seguiu o exemplo da Belgo-Mineira apostando na utilização de carvão vegetal como combustível e redutor para seus altos-fornos, sendo considerada uma das usinas mais importantes a utilizar este insumo no Brasil (GOMES, 1983). Atualmente a ACESITA tem capacidade para produzir mais de 900 mil toneladas de aço bruto ao ano³ (IBS, 2008).

A ACESITA teve um importante papel no cenário tecnológico da siderurgia mineira. Sua atuação na produção de aços especiais demandou um grau maior de densidade tecnológica e grandes esforços na busca de capacitação de seus quadros. Em especial, na produção de aço inoxidável a necessidade de assimilar as técnicas produtivas guardadas como segredo industrial pelas siderúrgicas estrangeiras despertou a necessidade de busca de alternativas tecnológicas para siderúrgica de Timóteo. Essa condição fez da ACESITA uma das siderúrgicas brasileiras mais empenhadas na busca de incrementos tecnológicos.

Já a usina da Mannesmann, situada em Belo Horizonte, foi o primeiro investimento de origem alemã no Brasil após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Inaugurada no ano de 1954 (SOUZA, 1986), a Mannesmann teve grande importância no cenário siderúrgico mineiro, contribuindo de forma intensa para sua expansão bem como para a sua diversificação, dado que a empresa atua no setor de tubos de aço sem costura.

Em 2000, o grupo Mannesmann foi adquirido pelo grupo Vallourec, grande conglomerado francês, passando a filial brasileira ser denominada Vallourec & Mannesmann do Brasil (V&M), desde então. Em 2007 a V&M foi responsável pela produção de 546 mil toneladas de tubos sem costura (V&M, 2008). Setores como o automobilístico e o petrolífero estão entre os principais demandantes dos tubos produzidos pela siderúrgica.

A atuação da Mannesmann em Minas Gerais foi marcada por investimentos em tecnologia e em qualificação de pessoal. Nesse contexto, a empresa criou já em 1955 um centro de formação objetivando a qualificação do pessoal empregado. Além disso, buscou se associar às instituições de ensino e pesquisa, como ao estabelecer convênios com a UFMG e a UFOP, com vistas a estimular a

³ As informações sobre as expansões da capacidade produtiva da ACESITA, ao longo dos anos, estão disponíveis na página da empresa na internet (www.acesita.com.br).

qualificação de seus engenheiros. O intenso apoio a projetos de pesquisa também se colocou como uma das estratégias tecnológicas da siderúrgica em sua trajetória (MANNESMANN, 2008).

4.3 As Usinas de Grande Porte: USIMINAS e AÇOMINAS

A chegada da grande siderurgia baseada no uso do carvão mineral em Minas Gerais se deu com a construção da USIMINAS, na década de 1960, após calorosos debates políticos⁴.

Na década de 1950, foi enviada uma missão brasileira ao Japão com vistas a conseguir apoio para a construção de uma usina que utilizasse coque mineral e fosse capaz de produzir em escala muito superior à apresentada pelas existentes no país. Também foram enviadas missões japonesas ao Brasil objetivando avaliar a viabilidade de um projeto com apoio de capitais provenientes deste país. As constantes trocas de informações e o estreitamento das relações culminaram com a constituição da siderúrgica em 1956, que foi estabelecida definitivamente com a entrada dos capitais japoneses em 1958 (PIMENTA, 1967).

Em 1962 foi inaugurada a Usina Intendente Câmara da USIMINAS, batizada em homenagem ao idealizador e construtor do primeiro alto-forno a funcionar em Minas Gerais, para ser a mais moderna da América Latina. A grande siderúrgica assegurou a retomada da importância mineira para o cenário siderúrgico brasileiro, que havia sido reduzida com a inauguração da Cia. Siderúrgica Nacional, em 1946, no estado do Rio de Janeiro.

A grande siderúrgica a coque mineral possibilitou uma mudança de nível da produção de aço em Minas. Entre o início da década de 1960 e seu final a produção do estado cresceu cerca de três vezes e meia, passando de 600 mil toneladas para 1,9 milhões de toneladas entre 1961 e 1969. Durante a década de 1970 a produção mineira de aço mais que dobrou subindo de 2 milhões de toneladas em 1971 para mais de 5 milhões de toneladas de aço em 1979 (FJP, 2002; IBS, 2008). A produção mineira de aço continuou subindo, chegando a 9 milhões de toneladas ao fim da década de 1980. Sem grandes expansões entre as décadas de 1990 e 2000, a produção de aço em Minas Gerais gira atualmente em torno dos 11 milhões de toneladas.

Após o processo de privatização, iniciado em 1991, o grupo que adquiriu a USIMINAS também incorporou a COSIPA, criando o Sistema USIMINAS. Atualmente a usina de Ipatinga da USIMINAS constitui a segunda maior unidade produtiva de aço do país com capacidade de produção de 4,8 milhões de toneladas de aço bruto por ano. O Sistema Usiminas apresenta capacidade produtiva de 9,4 milhões de toneladas de aço bruto (IBS, 2008).

A Aços Minas Gerais (AÇOMINAS) começou, de fato, a ganhar forma quando no final de 1975 a USIMINAS apresentou ao governo de Minas Gerais um estudo de viabilidade para a instalação de uma usina no município de Ouro Branco. A usina planejada teria capacidade para a produção, inicialmente, de 2 milhões de toneladas de aço em lingotes por ano, com possibilidades de expansão para 10 milhões de toneladas (SOUZA, 1985). Em 1976 a SIDERBRAS, uma empresa *holding* do sistema siderúrgico estatal, e o governo de Minas assinaram o acordo de acionistas segundo o qual a primeira passava a controlar a AÇOMINAS, marcando a entrada definitiva do governo federal no projeto. Ainda neste ano começaram as obras para a construção da usina de Ouro Branco. O projeto que contou com o financiamento de um grupo de bancos europeus e americanos, se arrastou por nove anos até que fosse inaugurado. Contudo, após um esforço final do governo federal as obras foram retomadas, sendo a usina inaugurada no ano de 1985 (SOUZA, 1985).

⁴ Gomes (1983) apresenta e discute o intenso debate político que antecedeu à criação da Usiminas.

Da fase de constituição da AÇOMINAS cabe destacar dois pontos importantes: 1) a, já mencionada, participação da USIMINAS na execução do projeto, atuando esta como consultora durante a fase de implantação da siderúrgica do Vale do Paraopeba; 2) o estabelecimento de um convênio entre a AÇOMINAS e a Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP – que, em 1982, deu origem ao curso de Especialização em Estrutura Metálica, para atender às demandas da usina em construção. Isso mostra algumas peculiaridades relevantes de um sistema de inovação, presentes àquela época no setor siderúrgico mineiro: a cooperação entre as firmas, sendo que, mesmo não detendo um caráter espontâneo, este fator propiciou à AÇOMINAS a desfrutar do conhecimento anteriormente adquirido pela USIMINAS, facilitando alguns aspectos de sua estruturação. Cabe destacar que a USIMINAS atuou ainda fornecendo para a siderúrgica de Ouro Branco bens de capital através de sua subsidiária, a USIMEC (Usiminas Mecânica), que configurou umas das principais fornecedoras de máquinas e equipamentos para a usina em construção. A USIMEC foi um esforço bem sucedido da USIMINAS no seu processo de integração horizontal, com a incorporação da produção de bens de capital. O outro ponto relevante assinalado é a cooperação entre universidade e empresa, o que fez com que os sistemas de ensino e pesquisa e de produção se alinhassem em torno de um projeto comum capaz de beneficiar os dois lados.

A criação da AÇOMINAS veio a consolidar o já relativamente maduro parque siderúrgico de Minas Gerais estabelecendo definitivamente a grande siderurgia a coque mineral neste estado. Atualmente a siderúrgica tem condições de produzir cerca de 4,5 milhões de toneladas de aço ao ano (IBS, 2001; 2008). A produção mineira de aço ganhou um novo impulso após a implantação da usina em Ouro Branco, em 1985, tendo a produção do estado saltado do patamar de 6,5 milhões de toneladas, em 1985, para o de 8,5 milhões, em 1990, e chegando aos 11 milhões de toneladas em 2007.

4.4 Privatização e reestruturação do sistema siderúrgico nacional e de Minas Gerais

Mesmo com a inauguração da AÇOMINAS, a década de 1980 marcou um período de crise no setor siderúrgico nacional seguindo a tendência do conjunto da economia para aquele período. Observou-se, uma queda da demanda interna por aço acompanhada de uma redução dos seus preços internos e externos resultando em queda dos lucros e dos investimentos no setor (ANDRADE; CUNHA, 2002). As siderúrgicas brasileiras também apresentavam dificuldades de modernização em seus processos produtivos se distanciando dos padrões internacionais de qualidade e competitividade, gerando perspectivas sombrias para o seu desenvolvimento. No mesmo período ganhava fôlego um processo mundial de desestatização das companhias siderúrgicas revertendo uma tendência de aumento da participação estatal nesse setor iniciada na década de 1950.

Em meio a isso, entre 1991 e 1993 foi implementado o Plano Nacional de Desestatização, pelo qual o governo federal privatizou as companhias siderúrgicas que estavam sob o seu controle (ANDRADE; CUNHA, 2002). Assim, as três usinas presentes em Minas Gerais que estavam sob a égide do governo federal, a USIMINAS, a ACESITA e a AÇOMINAS, foram transferidas ao capital privado.

Nessa linha a siderurgia brasileira se alinhou ao processo de reestruturação produtiva internacional, que ganhou fôlego na década de 1990. Nesse meio tempo algumas das usinas nacionais foram afetadas pelos movimentos de fusões internacionais, sendo outras participantes em processos de compra envolvendo as grandes siderúrgicas brasileiras. Nesse contexto, a AÇOMINAS passou ao controle do grupo Gerdau, a USIMINAS e a COSIPA passaram a formar o Sistema USIMINAS, sendo controladas pelo mesmo grupo empresarial, a Mannesmann passou ao controle do grupo francês Vallourec e a ACESITA e a Belgo-Mineira passaram a integrar o grupo Arcelor Mittal.

No que diz respeito à produção, mesmo depois dos processos de privatização e reestruturação do setor siderúrgico brasileiro, a produção siderúrgica de Minas Gerais se manteve relativamente

estável durante a década de 1990. A produção de aço para esse período esteve sempre próxima ao montante de nove milhões e meio de toneladas passando a oscilar em torno de 11 milhões de toneladas na década de 2000.

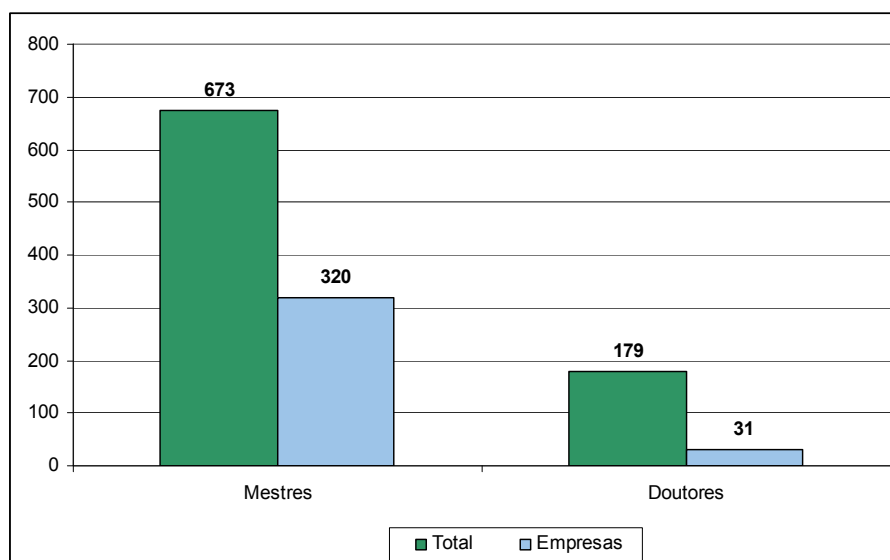
5 O ambiente institucional mineral-metalúrgico de Minas Gerais: alguns resultados efetivos

O complexo siderúrgico de Minas Gerais apresenta em dias atuais uma grande competitividade no mercado internacional do aço (PAULA, 2007). Acredita-se que são duas as fontes deste dinamismo, o grau de maturidade deste setor no estado e o aparato institucional que sustentou sua evolução durante o século XX. O primeiro está relacionado à existência, desde o período *joanino*, de esforços visando a implantar em território mineiro altos-fornos capazes de transformar o minério abundante no estado em ferro gusa ou aço.

O segundo ponto é relativo à presença de instituições que deram suporte aos desenvolvimentos técnicos e científicos nos campos da mineralogia, geologia e principalmente metalurgia. A presença dessas instituições de ensino e pesquisa gerou em Minas um ambiente diferenciado para o desenvolvimento da siderurgia, assim como de outros ramos correlatos. Nesse contexto, fatores como a presença de uma infra-estrutura humana formada pelos alunos da Escola de Minas e, mais tarde, do CPGEM da Escola de Engenharia da UFMG, e o estabelecimento de relações de confiança entre as instituições de pesquisa e o setor produtivo são algumas das características que definem o grau diferenciado de avanço deste sistema de inovação particular.

Como forma de demonstrar como o setor produtivo tem se beneficiado da presença de tal ambiente institucional pode-se mencionar o envio de funcionários para qualificação em cursos de especialização e pós-graduação nas principais universidades de Minas Gerais. Tal prática têm sido, ao longo do tempo, fonte de obtenção de profissionais atentos aos problemas relativos à produção e, ao mesmo tempo, aos avanços científicos nesse campo de atuação.

GRÁFICO 1 – Alunos titulados pelo CPGEM-UFMG, Mestres (1973 – 01/ 2009) e Doutores (1988 – 01/2009)



Fonte: CPGEM-UFMG. Elaboração Própria

Nesse contexto, a Escola de Engenharia da UFMG tem um papel especial nesse processo ao incorporar em seus cursos de pós-graduação uma parcela considerável de alunos egressos de

empresas por meio de seu programa de pós-graduação *stricto sensu* em parceria com o setor produtivo. A atuação deste departamento pode ser demonstrada pelo total de alunos titulados nos programas de mestrado e doutorado e da parcela destes que eram vinculados ao setor produtivo (GRÁFICO 1).

Do total de seiscentos e setenta e três mestres titulados pelo CPGEM, segundo dados fornecidos pela secretaria deste centro de pós-graduação, pode-se verificar que trezentos e vinte eram vinculadas às empresas. Esse valor representa quase 48% do total de mestres titulados pelo programa, no período. Em termos de doutorado foram trinta e um doutores titulados vinculados a empresas de um total de cento e setenta e nove, sendo quinze egressos do setor siderúrgico. Cabe ressaltar que o curso de doutorado do programa foi iniciado apenas no final da década de 1980, tendo seu primeiro aluno titulado somente no ano de 1988.

Estes dados apontam a demanda do setor produtivo pela qualificação profissional oferecida pela Universidade. Em muitos destes casos os alunos ingressam no curso de pós-graduação em busca de soluções para um problema relacionado à realidade da empresa à qual é vinculado com o intuito de encontrar respostas para este por meio da formação acadêmica e científica a que estará submetido durante o curso de mestrado ou doutorado. A possibilidade de chegar a tais respostas explica o interesse do setor produtivo em enviar um considerável contingente de profissionais à universidade.

A Tabela 1 mostra a demanda de cada uma das principais siderúrgicas de Minas Gerais e do país por qualificação de seus funcionários no CPGEM. Dessa análise é possível observar que as maiores siderúrgicas do estado foram as principais demandantes de qualificação profissional, com 66% dos mestres titulados dentre o grupo restrito de alunos provindos de empresas. A ACESITA foi a empresa siderúrgica que enviou maior quantidade de profissionais para a qualificação no curso de mestrado do CPGEM, sendo seguida pela USIMINAS, considerando-se a USIMEC uma empresa independente⁵.

TABELA 1 – Número de Mestres e Doutores Titulados pela Pós - graduação CPGEM - UFMG por Empresas a que são Vinculados, 1975-jan/2009

Empresa	Mestres	%	Doutores	%
ACESITA	72	23	3	10
AÇOMINAS	16	5	1	3
Belgo-Mineira	28	9	0	0
USIMINAS	63	20	8	26
USIMEC	25	8	0	0
V&M	8	3	1	3
CSN	12	4	1	3
CST	7	2	0	0
COSIPA	8	3	1	3
Outras*	81	25	16	52
Total	320	100	31	100

Fonte: Secretaria do CPGEM-UFMG. Elaboração própria.

*Engloba empresas que não atuam na siderurgia, sendo que nenhuma delas apresenta mais que 3 doutores titulados pelo CPGEM.

⁵A USIMEC, como já mencionado no capítulo 3, é uma empresa do Sistema USIMINAS, assim como a COSIPA, empenhada na produção de bens de capital voltados para o setor siderúrgico.

No envio de alunos para o doutorado as posições se invertem. A USIMINAS é a que mais titulou doutores no programa seguida pela ACESITA, são oito doutores oriundos da primeira e três da segunda. A maior demanda da USIMINAS por doutores, mesmo que esta não seja ainda tão elevada, pode ser explicada pela intensidade de seu esforço tecnológico, cujo maior exemplo se refere a seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento. A siderúrgica gastou desde a década de 1970 cerca de US\$ 100 milhões com a manutenção e aprimoramento de seu centro de P&D, considerado o maior pólo de desenvolvimento tecnológico na siderurgia da América Latina.

O constante trânsito de pessoas da universidade para as usinas e das usinas para a universidade bem como as recorrentes consultorias prestadas pelos professores às empresas geraram avanços tecnológicos para a siderurgia mineira. Nesse sentido, pode-se mencionar uma série de inovações de produto e processo introduzidas nesse setor e que foram possibilitadas pela interação entre estas duas esferas, a universitária e a produtiva, em Minas Gerais. O QUADRO 1 demonstra alguns dos benefícios auferidos pelo setor produtivo por meio da alta interação com a universidade em termos de redução de custos produtivos ou da introdução de novos produtos.

QUADRO 1 – Alguns resultados da interação entre o departamento de Metalurgia da UFMG e o setor siderúrgico

Empresa	Tipo de Inovação	Tipo de Interação	Ganho
Acesita	Formabilidade a quente de aços Ressulfurados	Mestrado	Economia de US\$ 4 milhões por ano
	Controle fim de sopro de LD	Mestrado	Economia de US\$ 1,3 milhões por ano
	Controle AOD	Mestrado	Economia de US\$ 1,3 milhões por ano
Belgo-Mineira	Fio Máquina para parafusos	Mestrado	Novo Produto
Usiminas	Chapa de Aço Bake Hardening	Mestrado	Novo Produto
Açonorte	Trefilação de Arames	Consultoria	Economia de US\$ 150.000 por ano
Sid. Rio Grandense	Trefilação de Arames	Consultoria	Aumento nos lucros da empresa em US\$ 300.000 por ano.

Fonte: Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG. Elaboração própria.

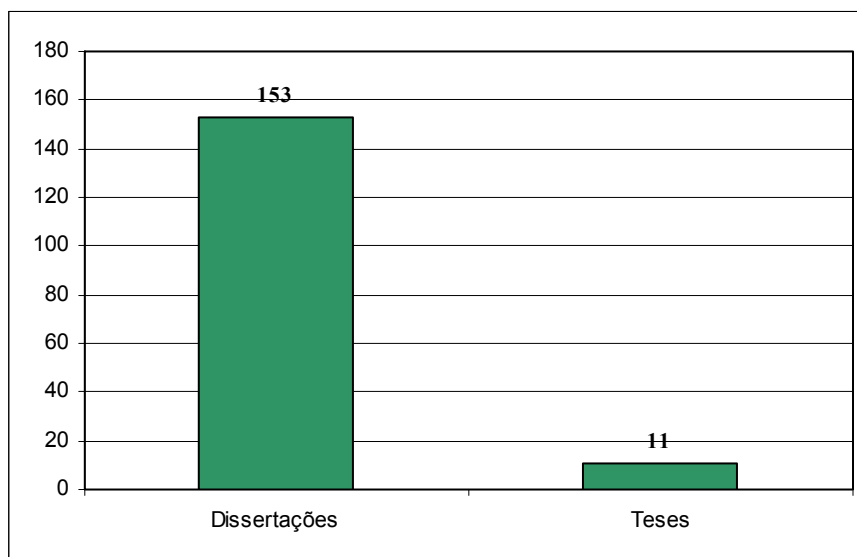
Este quadro demonstra apenas uma pequena parcela do total de inovações de produto e processo alcançadas por meio da interação entre a universidade e as empresas, neste sistema de inovação, seja através dos trabalhos desenvolvidos durante os cursos de pós-graduação seja na elaboração de pesquisas e consultorias pela universidade a pedido do setor produtivo. Dentre os casos englobados pelo QUADRO 1 pode-se verificar que nos casos de melhorias nos processos produtivos as cifras alcançadas são substanciais em termos de redução de custos. Toma-se, por exemplo, o caso da ACESITA que em três inovações tecnológicas baseadas em resultados alcançados em meio a trabalhos desenvolvidos no curso de pós-graduação da universidade chegou a economizar cerca de US\$ 6,3 milhões anuais. Também se destacam os casos da USIMINAS e da Belgo-Mineira que

introduziram novos produtos também a partir dos resultados de trabalhos elaborados no decorrer de cursos de pós-graduação na UFMG. Sendo estes certamente desenvolvidos por alunos ligados às empresas no programa cooperativo de pós-graduação.

Tais resultados demonstram que a estrutura de ensino e pesquisa cristalizada na universidade atua de fato contemplando a proposta de um sistema de inovação regionalmente identificado. Deste modo, o sistema universitário constrói, no caso de Minas Gerais e da siderurgia, bases em termos científicos e de capacitação de pessoal capazes de fomentar os desenvolvimentos tecnológicos do setor produtivo local tornando-o competitivo em meio ao paradigma do mercado global. A universidade faz o papel de ponte interligando o conhecimento científico, produzido e discutido nacional e internacionalmente na esfera acadêmica universitária, e o setor produtivo. Os pilares desta ponte são construídos por meio dos cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado) e pelos serviços prestados pela universidade junto às empresas (cursos de capacitação e treinamento, desenvolvimento de projetos de pesquisa e consultorias entre outros).

Nesse sentido, outra instituição que vem atuando no processo de qualificação de pessoal para o setor metalúrgico em Minas Gerais é a Rede Temática em Engenharia de Materiais – REDEMAT-UFOP. Mesmo tendo em menor escala, se comparada à do CPGEM-UFMG, a REDEMAT vem contribuindo para a formação de quadros qualificados para as atividades voltadas ao desenvolvimento tecnológico do setor siderúrgico, ou seja, ampliando a infra-estrutura humana existente em Minas Gerais para esta atividade. A REDEMAT formou entre 2000 e 2008 cento e cinquenta e três mestres e onze doutores em Engenharia de Materiais (GRÁFICO 2).

GRÁFICO 2 – Alunos titulados pela REDEMAT, Mestres (2000 – 2008) e Doutores (2005 – 2008)



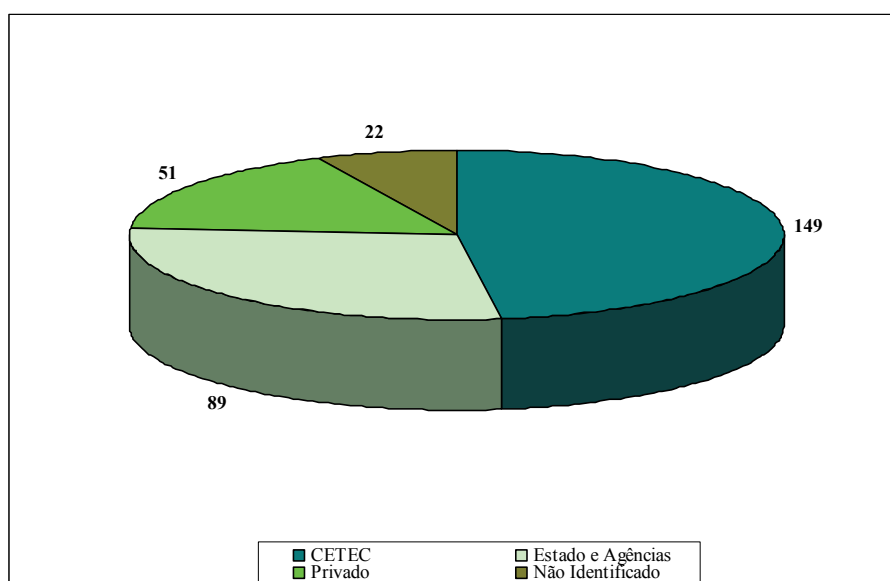
Fonte: REDEMAT (www.redemat.ufop.br). Elaboração Própria

As contribuições da REDEMAT e do CPGEM-UFMG demonstram que em Minas Gerais há uma estrutura consolidada para a qualificação de profissionais em alto nível, sendo estes, ainda, alinhados às perspectivas tecnológicas locais. Percebe-se, portanto, a preocupação local com a formação de uma infra-estrutura humana, atenta aos desenvolvimentos técnico-científicos internacionais e pronta a adequá-los à sua realidade regional. Deste modo, as instituições de ensino locais fomentam o sistema regional de inovação por meio da provisão da infra-estrutura humana capaz de auxiliar o desenvolvimento tecnológico do setor produtivo.

Além da REDEMAT e do CPGEM-UFMG, Minas Gerais conta mais um curso de pós-graduação *stricto sensu* na área de Metalurgia e Materiais⁶. Trata-se do curso de Materiais para Engenharia em nível de mestrado, da Universidade Federal de Itajubá⁷. No que tange à graduação, existem em Minas Gerais cinco cursos de Engenharia Metalúrgica, quatro relacionados à Engenharia de Materiais e seis cursos de Engenharia de Minas. Cabe ressaltar que muitas outras áreas do conhecimento estão relacionadas à siderurgia, como a Química e a Física. Mas, as acima mencionadas podem ser entendidas como as mais diretamente ligadas ao setor econômico em questão.

As demandas tecnológicas do setor produtivo também são atendidas diretamente por meio da atuação do CETEC, na prestação de serviços tecnológicos ao setor produtivo. Com isso, o CETEC também cumpre um importante papel suporte tecnológico do setor siderúrgico de Minas Gerais. A atuação do setor produtivo no financiamento dos projetos geridos pelo CETEC demonstra o interesse das empresas na busca por soluções tecnológicas em conjunto com esta instituição de pesquisa. O GRÁFICO 3 apresenta a distribuição dos financiadores de projetos de pesquisa elaborados pelos pesquisadores do Departamento de Metalurgia do CETEC desde a sua criação. São ao todo trezentos e onze projetos executados pelo referido departamento, sendo que quase a metade destes foi financiada por recursos do próprio CETEC. Percebe-se que o setor privado apresentou uma participação ainda tímida no apoio a tais projetos, com cinquenta e um projetos financiados por capitais privados representando apenas 16% do financiamento dos projetos. Dentre os financiadores externos as agências de fomento e instituições ligadas ao Estado têm maior participação.

GRÁFICO 4 – Financiadores dos Projetos de Pesquisa Elaborados pelo Departamento de Metalurgia do CETEC, 1972-2009



Fonte: CETEC. Elaboração Própria.

As siderúrgicas de Minas Gerais apresentaram uma participação de 10,5% no financiamento de projetos e pesquisas do departamento de metalurgia do CETEC, considerando apenas os não

⁶ No Brasil são ao todo vinte e dois (22) programas de pós-graduação nesta área de formação.

⁷ Informação obtida junto à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) no site www.capes.gov.br.

financiados pelo próprio Centro. Ao se considerar todas as empresas relacionadas à metalurgia esse percentual sobe para 23%. As principais empresas do setor siderúrgico que atuaram no financiamento dos projetos elaborados no departamento de Metalurgia do CETEC foram a ACESITA e a Belgo-Mineira. Como já foi aqui mencionado, a ACESITA construiu um bom relacionamento com o CETEC ao longo da história desta instituição.

Ademais, é importante ressaltar que mesmo os projetos financiados pelo próprio CETEC ou pelo Estado e agências de fomento à pesquisa se alinharam aos interesses do setor siderúrgico e geraram resultados positivos passíveis de serem incorporados pelo setor produtivo. Verifica-se também a existência de projetos ligados à siderurgia, mas que partiram da demanda de produtores relacionados a outras linhas da cadeia produtiva minero-metalúrgica do Estado. Exemplo disso é a produção do Nióbio que por ter aplicabilidade na produção do aço motivou seu principal produtor mundial a financiar projetos do CETEC ligados à siderurgia com o uso deste mineral⁸.

Enfim, importantes projetos tecnológicos para o setor siderúrgico de Minas Gerais foram desenvolvidos nos laboratórios do CETEC. Dentre estes, pode-se mencionar o caso do aço inoxidável colorido, que foi apresentado acima. Isso somado ao número considerável de projetos de pesquisa desenvolvidos pelo CETEC demonstra que há uma substancial produção tecnológica desenvolvida por esta instituição e pronta a ser aproveitada pelo setor produtivo. Deste modo, é reafirmada a importância deste centro de pesquisas na composição do sistema de inovação minero-metalúrgico de Minas Gerais.

6 Considerações Finais

Verifica-se que foi construído historicamente em Minas Gerais um ambiente no qual são propícias as interações entre as instituições de ensino e pesquisa e as empresas. Estas interações se materializaram principalmente no intercâmbio de informações proporcionado pela experiência do CPGEM-UFMG que incorpora e qualifica profissionais provenientes do setor produtivo, bem como atende a demandas específicas do setor produtivo por meio de consultorias técnicas.

A Escola de Minas da UFOP e o CETEC também têm importante papel neste contexto. A primeira por ter introduzido uma tradição ligada à pesquisa nos campos da mineralogia e da metalurgia no estado. Sendo que também detinha entre seus propósitos, à época de sua fundação, o auxílio às demandas técnicas do setor produtivo. A segunda instituição atua como fonte de auxílio às demandas tecnológicas das empresas ligadas à siderurgia em Minas Gerais, por meio de seu departamento de Metalurgia. Juntos, a Escola de Minas e o CETEC, também atuam na provisão de infra-estrutura humana a este sistema regional de inovação, por meio da REDEMAT.

O fluxo de informações observado neste sistema de inovação gerou bases para o desenvolvimento de algumas importantes inovações para o setor siderúrgico mineiro. Isso demonstra que a boa relação entre os setores produtivo e de ensino e pesquisa pode gerar resultados consistentes para a economia local, ao assegurar a competitividade de um importante setor econômico do estado. Dado isso, esse sistema regional de inovação particular pode ser tomado como um exemplo para outras regiões e setores de atividade e até mesmo para os projetos que objetivam consolidar o sistema nacional de inovação brasileiro. Deve ficar claro, nesse contexto, que as relações estabelecidas entre os componentes deste sistema de inovação se construíram ao longo dos anos, num processo

⁸ Trata-se da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), que explora a maior reserva de Nióbio do mundo, localizada em Araxá – MG. A CBMM foi, ainda, a empresa que mais financiou projetos de pesquisa elaborados pelo departamento de Metalurgia do CETEC.

histórico e evolucionário. Processo este que remete à criação da Escola de Minas e aos primeiros desenvolvimentos metalúrgicos no em Minas Gerais.

É importante salientar que mesmo sendo um caso exemplar, em termos de construção de um sistema de inovação, alguns problemas ainda são verificados no sistema de inovação aqui apresentado. Um deles diz respeito ao sub-aproveitamento de possibilidades pelo setor privado. A relativamente pequena participação do setor produtivo, em especial siderúrgico, no financiamento de projetos do departamento de metalurgia do CETEC demonstra isso. Da mesma forma, verifica-se que as instituições de ensino e pesquisa estão muito mais propensas à interação que as empresas.

Estas são incoerências que certamente serão resolvidas, caso se mantenha a cultura de cooperação entre as esferas deste sistema regional/setorial de inovação que foi constituído em Minas Gerais. Da mesma forma que barreiras foram superadas para se chegar aos resultados acima demonstrados estas também são passíveis de superação. Basta a manutenção e o apoio à tradição inaugurada com a Escola de Minas e defendida pelas instituições que vigoram hoje neste sistema de inovação. Com isto, é possível concluir que as características, alinhadas às propostas teóricas sobre o tema, e seus resultados, fazem deste sistema regional de inovação um caso bem sucedido, frente à realidade nacional no sustento à atividade inovativa.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, M. L. A.; CUNHA, L. M. S. O setor siderúrgico. In: SÃO PAULO, Elizabeth Maria de; KALACHE FILHO, Jorge. **BNDES 50 anos: histórias setoriais**. São Paulo: DBA Artes Graficas, 2002. 387p.

ASHEIM, B. Industrial districts as 'learning regions': condition for prosperity? In: CONFERENCE OF THE IGU COMMISSION ON 'INTERDEPENDENT AND UNEVEN DEVELOPMENT: Global-local perspectives', 1995, Seoul. [Texto] Seoul: Step Group, 1995. Disponível em: <<http://www.step.no/reports/Y1995/0395.pdf>>. Acesso em: jul. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS (ABM). **Siderurgia brasileira a carvão vegetal**. São Paulo: ABM, 1975. 234 p.

BAER, W. **Siderurgia e desenvolvimento brasileiro**. Rio de Janeiro: Zahar, 1970. 243p.

BAETA, Nilton. **A indústria siderúrgica em Minas Gerais**. Belo Horizonte: FJP/ Imprensa Oficial, 1973. 309 p.

BASTOS, Humberto. **A conquista siderúrgica no Brasil**. São Paulo: Martins, 1959. 360p

CARVALHO, J. M. **A Escola de Minas de Ouro Preto: o peso da glória**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

CASSIOLATO, José E.; LASTRES, Helena M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 1, p.34-45, jan./mar, 2005.

COMPANHIA SIDERÚRGICA BELGO MINEIRA - CSBM. **Carvão vegetal para siderurgia**. Belo Horizonte: Companhia Siderurgica Belgo Mineira, 1955. 24 p.

COMPANHIA SIDERÚRGICA BELGO-MINEIRA - CSBM. **Relatório anual 1962**. Belo Horizonte: CSBM, 1963.

COMPANHIA SIDERÚRGICA BELGO-MINEIRA - CSBM. **Relatório anual 1971**. Belo Horizonte: CSBM, 1972.

COMPANHIA SIDERÚRGICA MANNESMANN. **Relatório Anual 1961**. Belo Horizonte: CSM, 1962.

COMPANHIA SIDERÚRGICA MANNESMANN. **Relatório Anual 1975**. Belo Horizonte: CSM, 1976.

COOKE, P. Introduction: origins of the concept. In: BRACZYK, H; COOKE, P; HIDERNREICH, M (Eds.). **Regional innovation systems**. London:UCL, 1998. p. 2- 25.

COOKE, P. Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. **Industrial and Corporate Change**, Oxford, v. 10, n. 4, p. 945-974, Aug. 2001.

DE PAULA, G. Avaliação do processo de privatização da siderurgia brasileira. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 92-109, abr. 1997.

DE PAULA, G. M. . Perspectivas da Indústria Siderúrgica. **Cadernos BDMG**., n. 15. p. 31-52, set. 2007.

DE PAULA, Germano Mendes. **Competitividade da indústria siderurgica**. Campinas: UNICAMP, 1993. 124 p.

DINIZ, C. C. O papel das inovações e das instituições no desenvolvimento local. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 29., 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPEC, 2001.

DINIZ, C. C.; GONÇALVES, E. Economia do conhecimento e desenvolvimento regional no Brasil. In: DINIZ, C. C.; LEMOS, M. B. (Orgs). **Economia e território**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. p.131-170.

DINIZ, C. **Estado e capital estrangeiro na industrialização mineira**. Belo Horizonte: UFMG/PROED, 1981. 256 p.

FERREIRA, Cândido G. A Evolução das normas técnicas de produção na siderurgia principais tendências históricas. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 225-246, set. 1993.

FERREIRA, Cândido G. **Processo de trabalho e transferência tecnológica na indústria siderúrgica de Minas Gerais**. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 1983. 210 p.

FLORIDA, Richard. Toward the learning region. **Futures**, London, v. 27, n. 5, p.527-536, Jun. 1995.

FREEMAN, Chris. The 'national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, London, v. 19, n.1, p. 5-24, Jan. 1995.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO - FJP. **Anuário estatístico de Minas Gerais 2000-2001**. Belo Horizonte: Secretaria de Planejamento e Coordenacao Geral, 2002.

GOMES, C; AIDAR, O; VIDEIRA, R. Fusões, aquisições e lucratividade: uma análise do setor siderúrgico brasileiro. **Economia**, Campinas, v.7, n. 4, p. 143-163, dez. 2006.

GOMES, Francisco Magalhães. **História da siderurgia no Brasil**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1983. 409p.

GRANOVETER, Mark. Economic Action and Social Structure: the problem of embeddedness. *Ajs*, Chicago, v. 91, n. 3, p.481-510, Nov. 1985.

GRECO; Coutinho. Açominas: um exemplo polêmico de privatização. In: SEMINÁRIO SOBRE ECONOMIA MINEIRA, 10., 2002, Diamantina, **Anais**. CEDEPLAR-UFMG: Belo Horizonte, 2002. 18 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Anuário estatístico de Minas Gerais 1952**. Belo Horizonte: IBGE, 1953.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS. **Anuário Estatístico**. Rio de Janeiro: IBS, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS. **Anuário Estatístico**. Rio de Janeiro: IBS, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS. **Anuário Estatístico**. Rio de Janeiro: IBS, 2008.

LEMO, M. B; DINIZ, C. C. Sistemas locais de inovação: o caso de Minas Gerais. In: CASSIOLATO, J.; LASTRES, H. **Globalização e inovação localizada**: experiências de sistemas locais no Mercosul. Brasília: IBICT, 1999. p. 245-278.

LUNDVALL, B. A. Introduction. In: LUNDVALL, B. A. **National systems of innovation**: towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1995. p. 1-19.

MACIAL, Claudio S. **A indústria siderúrgica brasileira**: diagnóstico setorial. Campinas: UNICAMP, 1985. 133 p.

MOURÃO, Paulo Kruger Correa. **Dados históricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1911 a 1974**. Belo Horizonte: EEUFMG, 1975. 148 p.

MYTELKA, Lynn; FARINELLI, Fulvia. From Local clusters to innovation systems. In: CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M., MACIEL, M. L. **Systems of innovation and development**: evidence from Brazil. Cheltenham, UK; Northampton, USA: E. Elgar, 2003. p 249-272.

OINAS, P.; MALECKI, E. Spatial innovation systems. In: MALECKI, E.; OINAS, P. **Making connections**: technological learning and regional economic change. Aldershot (UK): Ashgate, 1999.

PAULA e SILVA, Evando Mirra de. A experiência de colaboração do departamento de engenharia metalúrgica e de materiais da UFMG com empresas: lições para a lei de inovação. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 6, p.433-459, jul/dez. 2007.

PEREZ, C; SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. p. 458-479.

PIMENTA, Dermeval José. **Implantação da grande siderurgia em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Univ. Federal de Minas Gerais, 1967. 214 p.

PINHO, M.; SILVEIRA, J. M. Os efeitos da privatização sobre a estrutura industrial da siderurgia brasileira. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 10, p. 91-109, jun. 1998.

PINHO, M; OLIVEIRA, V. P. **Internacionalização e tecnologia em empresas líderes da siderurgia mundial**: relatório do projeto Comportamento Tecnológico das Empresas. São Carlos, 2002. Disponível em: <http://geein.fclar.unesp.br/atividades/finep/cte/finep_diag+grupos.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2009.

SÁ, William Ricardo de. **A experiência do centro tecnologico de Minas Gerais**: implantação e desenvolvimento, perfil da produção e natureza da clientela. 1984. 139 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional , Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1984.

SCHUMPETER, J. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, credito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SOUZA, Antonio Augusto de. **Barreiro**: 130 anos de historia, da argila ao aço. Belo Horizonte: Mannesmann, 1986. 84p.

SOUZA, Miguel A. **AÇOMINAS**: apiração de várias gerações de mineiros. Belo Horizonte: AÇOMINAS, 1985. 237p.

STORPER, M.; VENABLES, A. O Burburinho: a força econômica das cidades. In: DINIZ, C.; LEMOS, M. **Economia e território**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. p. 21-56.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. Escola de Minas. **A Escola de Minas**. 3.ed. Ouro Preto: Livraria Mineira, 1931.190 p.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS. **Relatório da administração 2008**. Belo Horizonte: USIMINAS, 2009. Disponível em: <http://www.usiminas.com.br/irj/go/km/docs/prtl_hs/Usiminas/pt/RelatorioDaAdministracao/Usiminas_Relatório%20da%20Administração%202008.pdf> . Acesso em: 15 fev. 2009.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS. **Relatório USIMINAS 1989**. Belo Horizonte: USIMINAS, 1990.

VALLOUREC & MANNESMANN DO BRASIL. **Balanco social e ambiental**. Belo Horizonte: V&M do Brasil, 2008. Disponível em: <<http://www.vmtubes.com.br/vmb/balancosocial2007/index.swf>> . Acesso em: 20 abr. 2009.

WORD STEEL ASSOCIATION – WSA. **Steel statistical yearbook 2008**. WSA: Brussels, 2009. Disponível em: <[http://www.worldsteel.org/pictures/publicationfiles/SSY2008\[1\].pdf](http://www.worldsteel.org/pictures/publicationfiles/SSY2008[1].pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2009.